Bau und Entwicklung des tibialen Chordotonalorgans bei der Honigbiene und bei Ameisen.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde

der hohen philosophischen Fakultät

der Albert-Ludwigs-Universität zu Freiburg i. Br.

vorgelegt von

Arnold Schön
aus Berlin.

Freiburg i. Br. 1911.

Bau und Entwicklung des tibialen Chordotonalorgans bei der Honigbiene und bei Ameisen.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde

der hohen philosophischen Fakultät

der Albert-Ludwigs-Universität zu Freiburg i. Br.

ACAD. LUDOVIC. BIBL.

vorgelegt von

Arnold Schön
aus Berlin.

Freiburg i. Br. 1911.

Referent: Exc. Prof. Dr. Weismann.
Dekan: Prof. Dr. Lüroth.

Abdruck
aus den
Zoologischen Jahrbüchern. Bd. 31. Abt. f. Anatomie. 1911.
Herausgegeben von Prof. Dr. J. W. Spengel in Gießen.
Verlag von Gustav Fischer, Jena.

Nachdruck verboten.
Übersetzungsrecht vorbehalten.

Inhalt.

A. Einleitung.
B. Material.
  a) Bienen.
  b) Ameisen.
  c) Andere Hymenopteren.
C. Behandlungsmethode.
D. Spezieller Teil.
  I. Morphologischer Teil.
    1. Literatur.
    2. Bau des Chordotonalorgans
      a) bei Ameisen,
      b) bei Bienen,
      c) bei andern Hymenopteren.
    3. Bau der Stifte.
  II. Entwicklungsgeschichtlicher Teil.
E. Zusammenfassung und Schluß.

A. Einleitung.

Graber (1881, 1882) stellt in seiner grundlegenden Arbeit über „Die chordotonalen Sinnesorgane der Insekten“ eine Tabelle auf über die bisher — d. h. bis zum Jahre 1882 — nachgewiesene Verbreitung jener Organe, und zwar waren vor seinen Untersuchungen scolopofere oder stifteführende Organe mit Sicherheit nur bei Orthopteren, Dipteren und Coleopteren nachgewiesen. Ihm gelang es, auch bei Pseudoneuropteren, Neuropteren, Rhynchoten, Hymenopteren und Lepidopteren das Vorkommen von Chordotonalorganen teils in den Flügeln, teils in den Beinen festzustellen.

Seit jener Zeit hat man nur die Orthopteren einem eingehenden Studium unterworfen, wohl weil die Objekte infolge ihrer Größe den Untersuchungen die wenigsten Schwierigkeiten zu bieten schienen.

Nach Graber (1882), der uns von dem Vorhandensein scolopoferer Organe in den Tibien einiger Ameisen Kenntnis verschaffte, hat niemand bei den übrigen Hymenopteren Untersuchungen über diese Organe angestellt. Und doch verlangte z. B. die Frage, ob die Bienen Hörfähigkeit besitzen, genauere Nachforschungen.

Deshalb folgte ich gern der Anregung des Herrn Geheimrats Weismann, mich mit dem Studium des feinern Baues der Tibialorgane bei Hymenopteren zu befassen; es sei mir an dieser Stelle gestattet, meinem hochverehrten Lehrer für die Anregung zu dieser Arbeit sowie für das gütige Interesse, das er ihr stets entgegenbrachte, meinen herzlichsten Dank auszusprechen. Ebenso bin ich den Herren Privatdozenten Dr. Schleip und Dr. Kühn, die durch zahlreiche Ratschläge meine Untersuchungen förderten, zu großem Danke verpflichtet.

B. Material.

a) Bienen.

Was die Entwicklungsstufen von *Apis mellifica* anbelangt, so bekam ich von Herrn Geheimrat Weismann alle Stadien gütigst zur Verfügung gestellt. Vom Ei bis zur Imago waren von Tag zu Tag einige Objekte mit heißem Sublimat-Eisessig (Alk. abs. 2 Teile, Aq. dest. 3 Teile, Ac. acet. glac. 1 Teil) fixiert worden. Die Larven wurden in Paraffin teils quer, teils sagittal geschnitten; letztere Schnittrichtung erwies sich am vorteilhaftesten, weil die Imaginalscheiben meist so angeordnet sind, daß die Tibiaanlage längs oder

etwas schräg und das Femur genau quer getroffen wird; ferner liegen auf diesen Schnitten die Anlagen für je 3 Beine immer nebeneinander, was bei der Verfolgung der Entwicklung die Übersicht sehr erleichtert.

b) Ameisen.

Von Ameisen wurden folgende 11 Arten untersucht:

1. Myrmicini
   Myrmica rubida
   „ *ruginodis*
   Tetramorium caespitum
   Tomognathus (*Harpagoxenus*).

Die letzte Art verdanke ich Herrn Volksschullehrer Viehmeyer in Dresden; für seine Bemühungen spreche ich ihm auch hier meinen besten Dank aus.

2. Camponotini
   Camponotus ligniperdus
   „ *herculeanus*
   Lasius fuliginosus
   „ *niger*
   „ *alienus*
   Formica sanguinea
   „ *fusca*.

c) Andere Hymenopteren.

Die zur Untersuchung gelangten andern Hymenopteren, bei denen es mir mehr darauf ankam, das Vorhandensein des Chordotonalorgans festzustellen, als auf genauern histologischen Bau zu prüfen — nur noch die Ameisen wurden einem eingehenden Studium unterzogen —, wurden in der nähern und weitern Umgebung Freiburgs während des ganzen Sommers 1909 gesammelt. Und zwar waren es *Vespa gallica*, *Vespa germanica*, *Bombus agrorum*, *Bombus terrestris* und einige Terebrantien. Doch habe ich auch von den Tibien dieser Tiere, da die starke Pigmentierung des Chitins die Durchsichtigkeit zuweilen sehr beeinträchtigte, viele Schnittserien angefertigt.

C. Behandlungsmethode.

Konserviert wurde mit heißem Sublimat-Eisessig von oben angegebener Zusammensetzung. Die Beine wurden vom Thorax getrennt; ein Schnitt wurde durch das Femur gelegt gleich oberhalb des Knies, ein anderer durch das erste Tarsalglied; die so isolierte Tibia wurde hierauf in die Fixierungsflüssigkeit befördert. Die durch die Erwärmung an beiden Schnitträndern heraustretenden Luftbläschen wurden mit einem feinen Pinsel entfernt. Nach dem Entwässern verblieben die Objekte ungefähr 10—14 Tage in Cedernholzöl. Dadurch wurden die Totalpräparate äußerst durchsichtig, und ferner verloren die zum Schneiden bestimmten Objekte ihre sonst so störende Sprödigkeit.

Die Schnittdicke schwankte zwischen 10 und 40 μ. Dünnere Schnitte erwiesen sich in den meisten Fällen als unzweckmäßig; für die feinern histologischen Untersuchungen nahm ich Beine von Puppen, die sich ganz kurz vor dem Ausschlüpfen befanden; bei ihnen ist das Chitin noch weich und das Chordotonalorgan vollkommen ausgebildet.

Zum Färben habe ich für Totalpräparate Alaunkarmin angewandt. Hierbei gelang es mir zufällig, die Tracheen mit all ihren Verzweigungen sichtbar zu machen. Bekanntlich müssen die Objekte vor und nach dem Färben gründlich mit Wasser ausgewaschen werden. Wenn ich jedoch die Präparate nach dem Färben nur kurze Zeit wässerte und in 70 % Alkohol brachte, so schlug sich das in den Tracheen zurückgebliebene Alaun in Form winziger Krystalle an den Wandungen nieder. Hierdurch traten sämtliche, auch noch so kleine Verästelungen deutlich hervor.

Wenn sich später bei den Bienenpuppen die Beine ausgestülpt hatten, so trennte ich diese in der Mitte des Femurs vom Körper und bettete sie einzeln in Paraffin ein. Die Schnittrichtung war teils sagittal, teils frontal (nur auf die Tibia selbst bezogen). Die Schnittdicke schwankte hier zwischen 3 und 15 μ, während sie bei den Larven 5, 7,5, 10 und 15 μ betrug.

Die Schnittserien wurden gefärbt mit Hämatoxylin (Delafield), Gegenfärbung Pikrokarmin, zuweilen Eosin; auch wandte ich mit Erfolg Pikronigrosin an, das besonders ein klares Hervortreten der Nervenfibrillen bewirkte.

D. Spezieller Teil.

I. Morphologischer Teil.

1. Literatur.

Bevor wir uns den speziellen Untersuchungen der Chordotonalorgane zuwenden, dürfte es angebracht erscheinen, einen kurzen Überblick über die hauptsächlichsten Arbeiten auf diesem Gebiet vorauszuschicken.

Wie schon oben erwähnt, waren vor Graber scolopofere Organe nur bei Orthopteren, Dipteren und Coleopteren nachgewiesen. Als erster untersuchte von Siebold (1844) den eigentümlichen Sinnesapparat in den Vordertibien der Locustiden. Er fand, daß ein in die Tibia eintretender Nervenast „sich dicht über der kahnförmigen Aushöhlung der großen Luftblase zu einem flachen Ganglion" ausbreitet, „dessen unteres Ende in Form eines Bandes in die kahnförmige Aushöhlung hinabläuft". In diesem Band konnte er eine Menge „gestielter stabförmiger oder vielmehr birnförmiger Körperchen" erkennen.

In den folgenden Jahren blieb unsere Kenntnis von scolopoferen Organen auf die Tympanalorgane der Locustiden beschränkt. Da entdeckte Leydig (1851) bei der Larve von *Corethra plumicornis* „Nervenzweige, die schräg durch den hellen Raum, der zwischen der Haut und den Muskeln übrig bleibt, von der Gelenkverbindung des Gliedes aus zur Haut gespannt sind"; die in diesen „blassen Fäden" enthaltenen „Hörstifte" jedoch erkannte erst Weismann (1866) in seiner Arbeit über diese Dipterenlarve; er nahm an, daß dieses „saitenartig aufgespannte Organ sehr geeignet sei, durch Schallschwingungen in Vibration versetzt zu werden".

Zu dieser Zeit hatte Leydig (1860) ferner Larven und Imagines von Dipteren und Coleopteren untersucht, und es war ihm gelungen, auch hier diese eigenartigen Nervenendapparate nachzuweisen.

Die genauere Lage und Gestalt der „Hörstifte" wurde zuerst von Hensen (1866) und von Schmidt (1875) eingehender untersucht. Hensen stellte bei *Locusta* den Verlauf des „Hörnerven" neben der „Hörleiste" und den Zusammenhang der Stiftköpfe mit einer Nervenfaser, die er als Chorda bezeichnete, fest; Schmidt indessen bemühte sich, die Gestalt der Stifte eingehender zu beschreiben; sein Ver-

dienst ist es, das im Stift verlaufende Nervenende, „die Chorda", bis zur „Basalganglienzelle" verfolgt zu haben.

Bisher hatten sich also alle Untersuchungen nur auf jene 3 Insectengruppen erstreckt, und niemand hatte bei den übrigen Ordnungen nach scolopoferen Organen gesucht. Da entdeckte Lubbock (1879) in den Tibien einiger Ameisen (*Lasius, Myrmica*) ein Organ, „a conical striated organ", das er treffend mit einem Teil des tibialen Tympanalorgans der Locustiden vergleicht. Er glaubte auch, einige helle Stifte erkannt zu haben, doch blieb er uns den Beweis, daß es sich hier um scolopofere Organe handelt, schuldig. Seine Vermutungen wurden erst 3 Jahre später von Graber vollkommen gerechtfertigt.

Graber's Arbeit (1881, 1882) über die „chordotonalen Sinnesorgane der Insecten" war grundlegend für alle folgenden Untersuchungen. Er führte die auf diesem Gebiete noch heute üblichen Bezeichnungen ein, und ich muß daher auf seine Arbeit etwas näher eingehen.

Als „chordotonal" oder „saitenartig" bezeichnet Graber alle Sinnesorgane, in denen sich „den bekannten Hörstiften der Orthopteren ähnliche Nerven-Terminalgebilde" finden. In seiner Arbeit verfolgte er vor allem den Zweck, zu erforschen, „wie weit denn eigentlich diese stifteführenden oder scolopoferen Bildungen, die man bisher nur ganz vereinzelt und zufällig auffand, in der Klasse der Insecten verbreitet sind und wie sie untereinander und wie namentlich die tympanal differenzierten Vorkommnisse mit den primitiveren Zuständen zusammenhängen".

Graber nannte jene eigentümlichen Bildungen wegen ihres trommelfellartigen Charakters „Tympanalapparate", die andern Terminalgebilde, die durch Leydig's Untersuchungen auch bei andern Insecten und an verschiedenen Körperstellen nachgewiesen waren, bezeichnete er als „atympanale stifteführende Organe".

Graber führte für diese Organe, da sie am häufigsten in den Tibien vorkommen und etwas unterhalb des Kniegelenkes liegen, die Bezeichnung „Subgenualorgane" ein.

Allen Chordotonalorganen kommen Stiftträger oder Scolopophoren zu, das sind „die Stifte in sich einschließende Nervenenden". Er unterscheidet nun „subintegumentale" Scolopophoren, das sind solche, die mit dem Integument in gar keiner nähern Beziehung stehen, und „integumentale", die unmittelbar mit dem Integument zusammenhängen.

Die Scolopophoren gehen von einer Ganglienzelle aus; an diese schließt sich ein Fortsatz und die Nervenfaser, die zuweilen sehr lang ist, mit dem Stift. In der Regel sind nun diese Scolopophoren zu einem System vereinigt, dessen Anordnung sehr verschieden sein kann. Entweder sind die Elemente der Systeme ganz „unregelmäßig“ oder „streng reihenweise“ verteilt, oder sie sind „fächerartig“ gruppiert. Letzteres ist den Subgenualorganen eigentümlich, und speziell für diese Organe konnte Graber die ihnen zukommende, charakteristische Verlaufsrichtung der Scolopophoren-Endfasern feststellen. Während nämlich bei fast allen Chordotonalorganen die Endfasern ganz gerade verlaufen, „erscheinen an den subgenualen Organen die Endfasern, bei allen Scolopophoren im gleichen Sinne, gegen die übrige Schlauchstrecke oft fast rechtwinklig gebogen und laufen gegen ihr integumentales Ende in einen Strang zusammen“.

Die Stifte sind nach der proximalen Seite zugespitzt, das andere Ende trägt eine „einem Nagelkopf vergleichbare Verdickung“; die Substanz ihrer Wandung erscheint vollkommen homogen und stark lichtbrechend. Den im Stift zentral verlaufenden Faden, Siebold's „Nervenfaden“, Hensen's „Chorda“, nannte Graber „Achsenfaden“, den er sich bis in den Kopf des Stiftes erstrecken läßt.

Da für uns nur die Untersuchungen über subgenuale Chordotonalorgane in Betracht kommen, so möchte ich mich im Folgenden nur noch auf diese beziehen.

Graber und von Adelung (1892) trennten das Subgenualorgan der Locustiden in zwei besondere Abschnitte. Daß es sich hier

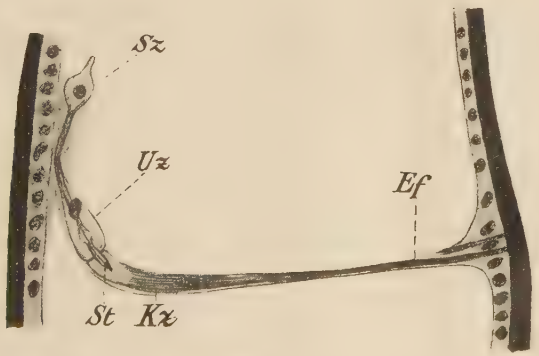


Fig. A.

Längsschnitt durch das Subgenualorgan von *Decticus verrucivorus*. Übersichtsbild verkleinert aus Schwabe (1906), tab. 4, fig. 21.

jedoch um ein „vollkommen selbständiges und in sich geschlossenes Gebilde“ handelt, hat uns erst Schwabe (1906) in seiner ausführlichen Arbeit über die „tympanalen Sinnesapparate der Orthopteren“ bewiesen. Bei den Locustiden inseriert das Organ an der Beinwand mit den „Endfasern“ (*Ef*), welche eine Fortsetzung der „Kappenzellen“ (*Kz*) bilden; in diesen liegt der Kopf des Stiftes (*St*), während die Spitze des Stiftes in die der Kappenzelle aufsitzende „Umhüllungszelle“ (*Uz*) hineinragt, an diese wiederum schließt sich der Fortsatz der Sinneszelle (*Sz*), welche mit dem Nerven in Verbindung tritt. Auf den Bau und die Anordnung der einzelnen Zellen werde ich weiter unten zurückkommen.

2. Bau des Chordotonalorgans

a) bei Ameisen.

Um die Lagebeziehungen der einzelnen Organe besser verständlich zu machen, ist es notwendig, bestimmte Bezeichnungen einzuführen. Ich schließe mich den Angaben Graber's an, der sich das Bein in seiner natürlichen Lage denkt und so eine äußere und innere (dem Körper zugewandte), eine vordere und hintere Seite unterscheidet; das obere Ende der Tibia nennen wir das proximale, das untere das distale Ende.

Die durch die Tibia verlaufende Trachee (*Tr*) (Taf. 1, Fig. 1) teilt diese in zwei von oben nach unten ziehende Kanäle; den äußern bezeichnen wir mit Graber als Blutkanal (*Bk*), den innern als Muskelkanal (*Mk*).

Im Blutkanal liegt nur das Subgenualorgan (*SO*) mit seinen nervösen Elementen; der Inhalt besteht sonst hauptsächlich aus Blutflüssigkeit, zuweilen kommen auch Fettzellen vor. Der Muskelkanal enthält einige Tarsalmuskeln, eine starke Sehne, welche zu den Klauen zieht, den Tibial- und Tarsalnerven.

Besondere Beachtung verdient der Verlauf der Trachee.

Die durch das Femur zentral verlaufende Trachee schwillt nach dem Eintritt in die Tibia unmittelbar unter dem Kniegelenk mächtig an (Taf. 1, Fig. 2) (*Trbl*), so daß Blut- und Muskelkanal bedeutend eingeengt werden. Allmählich, ungefähr bis zur Mitte der Tibia, verringert sich ihr Lumen, zum distalen Ende hin jedoch nimmt sie wieder an Umfang zu; hierbei erscheint die äußere Wand in Form einer Längsfurche (*Lf*) etwas eingebuchtet, so daß die Trachee im Querschnitt nierenförmige Gestalt aufweist.

Direkt unter dem Kniegelenk entspringt aus der blasenartigen Anschwellung (*Trbl*) ein kleiner, schlauchförmiger Tracheenast (*Tra*), welcher neben dem Hauptstamm, sich allmählich verjüngend, verläuft, bis er am distalen Ende der Tibia in die Stammtrachee einmündet.

In der Mitte der Tibia, etwas unterhalb der Stelle, wo die Stammtrachee das geringste Lumen hat, tritt die kleine Trachee mit dem Hauptstamm in Kommunikation (*Trc*); von ihr aus verzweigen sich, besonders im untern Abschnitt der Tibia, zahlreiche kleine Äste, welche teils im Blut-, teils im Muskelkanal endigen.

Die größte Weite erreicht der Blutkanal in der Mitte der Tibia; nach der Verbindung der beiden Tracheen jedoch wird er distalwärts allmählich eingeengt, indem der Muskelkanal den ganzen Tracheenstamm an die äußere Beinseite drängt.

Beim Durchsehen der Schnittserien entdeckte ich im Femur und in der Tibia je ein aus 8—9 Zellen gebildetes drüsenartiges Organ (Taf. 1, Fig. 3 u. 4). Am distalen Ende des Femurs liegt zwischen der Sehne (S_1), welche mit der äußern Wand der Tibia verbunden ist, und der obern Hypodermis (*Hyp*) ein Komplex von einzelligen Drüsen. Die Zellkerne sind ziemlich groß und intensiv färbbar; das Protoplasma weist deutlich bläschenförmige Struktur auf. Jede der Zellen besitzt einen Ausführungskanal (*Ak*), dessen Porus in der Zelle sich unschwer erkennen läßt; die äußerst feinen Kanäle münden getrennt in der Gelenkhaut, welche Femur mit Tibia verbindet. Die andern, genau ebenso gebauten Drüsenzellen (Drz_2) liegen im Muskelkanal der Tibia zwischen der Sehne des Tarsalbeugers (S_2) und der innern Beinwand. Der mittlere Durchmesser der Zellen beträgt bei *Camponotus herculeanus* und *Formica sanguinea* 25 μ. Es ist wohl mit Sicherheit anzunehmen, daß diese Drüsen ein Secret absondern, welches bestimmt ist, die Gelenke geschmeidig zu erhalten.

Der Verlauf der Nerven ist bei einigen Ameisenarten verschieden. Bei *Camponotus* und *Formica* gestaltet er sich folgendermaßen: Durch das Femur ziehen zwei Nervenstämme; der eine schwächere geht durch den Muskelkanal der Tibia und versorgt die Tarsalglieder; der andere stärkere spaltet sich bei *Formica* im Kniegelenk, bei *Camponotus* erst unterhalb des Knies in zwei Äste, von denen der eine an die Muskeln der Tibia, der andere an das Subgenualorgan tritt.

Bei *Lasius* löst sich am proximalen Ende der Tibia vom Tibialnerven ein großer Komplex von Ganglienzellen (Taf. 1, Fig. 1) (*Gz*) ab und tritt mit dem Subgenualorgan und vielen integumentalen

Sinnesorganen in Verbindung, während letztere bei *Camponotus* und *Formica* von jenem zum Subgenualorgan ziehenden Nervenast innerviert werden; diesen nennen wir daher den Subgenualnerv (*SN*); er zieht nach seinem Ursprung an der äußern Beinseite entlang, dicht an der Hypodermis, bis seine Fasern mit den Sinneszellen des Chordotonalorgans in Verbindung treten. Am proximalen Ende der Tibia fallen außer einer zahlreichen Anhäufung von Sinneshaaren zehn stets regelmäßig angeordnete Sinneskegel (*Sk*) auf (s. Textfig. B).

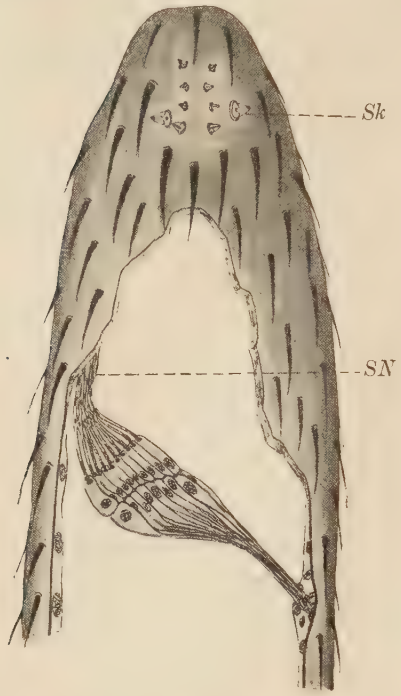


Fig. B.

Frontalschnitt durch die Tibia von *Camponotus ligniperdus* ♀. Sinneskegel *Sk*. Im Lumen das Chordotonalorgan.

Nebenbei soll auf die Hautsinnesorgane eingegangen werden, welche sich in der Nähe des Chordotonalorgans finden. Vom Subgenualnerven bzw. von den Ganglienzellen (bei *Lasius*) ziehen Nervenfasern zu Sinneszellen (*Sz*), welche dicht unter der Hypodermis liegen; diese senden Fortsätze zu den Sinneshaaren (*Sh*) (Taf. 1, Fig. 5). Das Chitin ist an den Stellen, wo sich ein Sinneshaar befindet, von einem Kanal (*Pk*) durchbrochen, den wir mit Vom Rath (1888) als Porenkanal bezeichnen wollen. An der Basis dieser Sinneshaare liegt eine, in manchen Fällen auch zwei Sinneszellen (*Sz*); von diesen gehen feine, aus einzelnen Fasern bestehende Fortsätze aus, die sich bis fast an die Spitzen der Haare verfolgen lassen.

Bei *Lasius* finden sich an der Außenseite in der Höhe des Subgenualganglions einige Bildungen, die sich mit den sogenannten „geschlossenen Gruben“ anderer Hymenopteren vergleichen lassen. Ich möchte sie nach dem Vorschlage Vom Rath's (1888) „Membrankanäle“ (*Mbk*) nennen. Dieser Forscher denkt sich ein solches Gebilde dadurch entstanden, „daß das Haargebilde rudimentär geworden und nur die Papille zurückgeblieben ist“. Statt daß also dem Poren-

kanal ein Sinneshaar aufsitzt, ist dieser einfach durch eine Membran geschlossen. Auch hier setzt sich von der Sinneszelle aus der „Terminalstrang“ (*TSt*) durch das Chitin fort, endet aber an der Membran. Eigentümlich ist bei *Lasius* das Verhalten der Hypodermis: an der Stelle nämlich, wo die Membrankanäle liegen, die nebenbei ein größeres Lumen als die Porenkanäle aufweisen, hebt sich die Hypodermis vom Chitin ab, so daß ein deutlicher Zwischenraum (*Hyp*) entsteht, in dem sich dann die Sinneszellen (*Sz*) der Membrankanäle befinden. Es scheint mir, daß dies nicht etwa künstlich zustande gekommen ist, da ich auf allen Präparaten diesen Zwischenraum gefunden habe.

Bei *Camponotus* und *Formica* sieht man, schon bei schwacher Vergrößerung, zehn hellglänzende Sinneskegel (*Sk*), die eine charakteristische Anordnung aufweisen (vgl. Textfig. B). In zwei Reihen liegen vier untereinander, gleichsam auf den Schenkeln eines spitzen Winkels, der sich nach dem distalen Ende der Tibia öffnet. Zwischen den beiden untern Kegeln liegen etwas seitlich nochmals zwei; diese beiden sind die größten; ihre Höhe beträgt z. B. bei *Camponotus ligniperdus* ♀ 20 μ; proximalwärts nehmen die Sinneskegel an Größe ab.

Fig. C.
Anordnung der Sinneskegel bei *Camponotus* und *Formica*.

In ihrem Bau ähneln diese „sensilla basiconica“, wie ich die Sinneskegel nach Schenk (1903) bezeichnen will, denjenigen, die von diesem und andern Autoren schon früher auf den Antennen von Lepidopteren und Hymenopteren nachgewiesen waren. An der Basis der Kegel befindet sich ein heller, lichtbrechender Ring (*R*) (Taf. 2, Fig. 6); auf diesem erhebt sich die äußerst dünne und zarte Membran (*Km*). Ich glaube mit Sicherheit angeben zu können, daß die Spitze des Kegels nicht abgeschlossen ist, sondern einen feinen Porus (*P*) enthält, mit dem der Terminalstrang (*TSt*) der Sinneszelle, die direkt vom Subgenualnerv (*SN*) innerviert wird, in Verbindung steht.

Es wird also die schon von mehreren Autoren gemachte Annahme, für die besonders Ruland (1888) und Nagel (1894) eintreten, unterstützt, daß wir diese Sensilla basiconica als Geruchsorgane zu deuten haben. So würde Nagel's Hypothese bestärkt, welche besagt, daß diese Sinneskegel vor allem dann in Funktion treten, wenn bewegte Luft über sie hinstreicht; also müssen die Insecten, um Gerüche wahrzunehmen, diese Organe gegen die Luft bewegen. Hierzu sind aber die Kegel der Ameisen, die in den engen Gängen

der Nester oder auf ihren Heerstraßen emsig hin und her laufen, wie geschaffen durch die günstige Lage an möglichst exponierten Körperstellen, die ja die sechs höchsten Punkte des ganzen Tieres darstellen.

Ehe ich nun nach dieser Abschweifung auf die genaue Beschreibung des Chordotonalorgans eingehe, will ich bemerken, daß sich das Organ bei allen untersuchten Arten in den drei Beinpaaren vorfindet; auch ist die Größe im Verhältnis zu der der Individuen stets die gleiche; da das Organ bei Männchen, Weibchen und Arbeiterinnen, was vielleicht auffallen könnte, immer in der gleichen Lage und Ausbildung vorkommt, habe ich die Untersuchungen unterschiedslos angestellt, mich jedoch vor der mikroskopischen Betrachtung vergewissert, ob ich ein Vorder-, Mittel- oder Hinterbein vor mir hatte und welcher Kaste es angehörte.

Das Subgenualorgan liegt direkt vor der blasenförmigen Erweiterung der Haupttrachee als ein beerenartig in den Blutkanal hineinragendes Gebilde. Es ist mit seinen Endfasern (*Ef*) an der einen Seitenwand der Tibia angeheftet, welche in fast horizontaler Richtung nebeneinander verlaufend, den Blutkanal durchqueren; die Insertionsstelle befindet sich stets an der Beinseite, an welcher der Hauptstamm der Trachee verläuft (vgl. Taf. 1, Fig. 2). Ungefähr in der Mitte des Beinlumens machen die Endfasern (*Ef*) (Taf. 2, Fig. 7) einen Bogen nach dem proximalen Ende der Tibia und gehen in weiter unten zu besprechende, zum Chordotonalorgan gehörige Zellen (*Klz*) über. Diese sind mit den ihnen aufsitzenden, gleichgroßen Zellen (*Kz*), wie aus Querschnitten zu ersehen ist, kreisförmig angeordnet. Wir haben es also hier mit einer durchaus körperlichen Ausbreitung des Organs zu tun, während Schwabe (1906) für die tibialen Sinnesorgane der Locustiden und Gryllodeen als Hauptmerkmal ihre flächenhafte Ausbreitung anführt.

Der Durchmesser des Organs beträgt bei *Camponotus ligniperdus* ♀ in allen drei Beinpaaren 76 μ, bei *Camponotus herculeanus* ♀ 78 μ, ♂ 69 μ, bei *Formica sanguinea* ♀ 64 μ. Die Anzahl der Zellen ist sehr verschieden; bei *Lasius* findet man 10—12, bei *Formica* 14—16, bei *Camponotus* 18—20. Je mehr Zellen an dem Aufbau des Organs beteiligt sind, desto mehr strecken sie sich in die Länge, um sich der kugligen Gestalt des ganzen Organs anzupassen.

Dem eben beschriebenen Zellenkomplex sitzen lange, schlauchförmige und äußert durchsichtige Zellen (*Uz*) auf, die mit der Sinneszellengruppe (*Sz*) in Verbindung treten; diese liegt unmittelbar der Hypodermis an, ohne jedoch mit ihr zu verwachsen; an die Sinnes-

zellen tritt dann der Subgenualnerv (*SN*). Mit der Trachee oder der Hypodermis steht das Organ in keiner Verbindung; auf der proximalen Seite ist es gewissermaßen aufgehängt am Subgenualnerv, auf der distalen sind die Endfasern am Chitin (*J*) festgeheftet.

Die histologischen Untersuchungen haben ergeben, daß hinsichtlich der Lage und des Aufbaues der Zellen, welche das Subgenualorgan der Ameisen bilden, viel Ähnlichkeit mit den Zellelementen des Locustiden- und Gryllodeenorgans besteht. Ich werde daher vielfach diese Organe miteinander vergleichen und die das Ameisenorgan konstituierenden, jenen homologen Elemente mit den gleichen Bezeichnungen belegen.

Der zu der Sinneszellengruppe (*Sz*) führende Subgenualnerv (*SN*) gibt seine Fasern an die einzelnen Sinneszellen ab. Diese sind lanzettförmig gestaltet und besitzen einen großen, sich der Form der Zelle fast genau anpassenden Kern (*Szk*); der ganze Komplex der Sinneszellen hat ebenfalls das Aussehen einer Spindel. Platte Kerne, die zu der zarten, die Sinneszellen umgebenden Hülle gehören und diesen „schalenartig anliegen", wie sie Schwabe (1906) beschrieben hat, habe ich hier nicht entdecken können.

Am distalen Ende gehen die Sinneszellen über in die Umhüllungszellen (*Uz*). Diese kann man sich vorstellen als lange Schläuche oder Zylinder, deren oberer Durchmesser ein wenig kleiner ist als ihr unterer. Ihr länglicher Kern (*Uzk*) liegt ungefähr in der Mitte der Zelle und füllt fast das ganze Lumen aus; in jedem System von Umhüllungszellen jedoch liegen die Kerne in einer Höhe.

Mit ihrer untern Seite sitzen die Umhüllungszellen den Kappenzellen (*Kz*) auf. Diese sind bei *Lasius* und *Formica* von großer, ovaler, bei *Camponotus* von länglich biskuitförmiger Gestalt, ihr Protoplasma scheint dichter zu sein als das der Umhüllungszellen, besonders an der distalen Seite, wo der große, kuglige Kern liegt.

In das proximale Ende der Kappenzellen ist das terminale Ende der Stifte (*St*) eingesenkt, während deren apicales Ende in die Umhüllungszellen hineinragt. Von jedem Stiftkopf (*Stk*) geht eine Nervenfaser (*Ax*) aus, die sich, ohne die Stiftwand zu berühren, durch die Umhüllungszelle fortsetzt und bis zu den Sinneszellen verfolgen läßt.

Wir werden später auf den Bau der Stifte sowie auf den eigentümlichen Verlauf der Nervenfaser genauer zu sprechen kommen.

An jede Kappenzelle schließt sich, deutlich abgegrenzt, je eine keulenförmige Zelle (*Klz*), deren Kern dieselbe Größe und Struktur

aufweist wie der der Kappenzelle, jedoch im breitern, proximalen Teil der Zelle liegt, so daß sich je 2 Kerne der kappen- und keulenförmigen Zellen übereinander befinden. Ihr distales Ende zieht sich zu einem sehr feinen Strang, der Endfaser oder dem Endstrang (*Ef*), aus, welcher sich nach seiner Umbiegung durch die Hypodermisschicht hindurch bis zum Chitin (*J*) fortsetzt. Eine Verschmelzung der Endfasern habe ich niemals beobachtet, alle verlaufen isoliert nebeneinander und heften sich ebenso, nachdem sie die an der Insertionsstelle etwas erhöhte Hypodermis (*Hyp*) durchdrungen haben, am Chitin fest.

Wenn wir nun das Subgenualorgan der Ameisen mit dem der Orthopteren vergleichen, so finden wir zunächst eine äußere Übereinstimmung der Lage und des innern Aufbaues; hier wie dort tritt uns eine gleiche Anordnung der Zellelemente des nervösen Endapparats entgegen. Der einzige Unterschied besteht nun darin, daß sich bei den Orthopteren die Kappenzellen direkt zu den Endfasern ausziehen, während sie bei den Ameisen vollkommen in sich geschlossene Gebilde darstellen, an die erst die keulenförmigen Zellen, die die Verbindung mit der Cuticula vermitteln, herantreten (vgl. Textfig. A und Taf. 2, Fig. 7).

b) bei Bienen.

Das Subgenualorgan der Bienen ist im wesentlichen ebenso gebaut wie das der Ameisen, nur scheinen die nervösen Elemente auf einer höhern Entwicklungsstufe zu stehen. Wie bei den Ameisen wird hier die Tibia durch den Tracheenstamm in Blut- und Muskelkanal geschieden; die Trachee erleidet ebenfalls unter dem Kniegelenk eine blasenförmige Erweiterung, von der sich ein zweiter, dünnerer Tracheenast abspaltet, der zum distalen Ende der Tibia führt.

Vom Tibialnerven zieht ein Strang durch den Blutkanal zu dem hier suspendierten Chordotonalorgan. Von jenem werden viele Sinneshaare und Sinneskegel innerviert, die bei den Bienen allerdings in größerer Zahl, doch nicht in der oben beschriebenen, regelmäßigen Anordnung wie bei *Camponotus* und *Formica* auf dem proximalen Ende der Tibia verteilt sind.

Auch bei den Bienen heftet sich das Organ mit den Endfasern (*Ef*) (Taf. 2, Fig. 8), die jedoch nicht so lang sind wie die der Ameisen, an der dem Hauptstamm der Trachee zunächst liegenden Beinseite fest. Während bei diesen die Endfasern, wie wir gesehen haben, direkt in die großen keulenförmigen Zellen übergehen, die in gleicher

Anzahl vorhanden sind wie die Kappenzellen, finden wir bei den Bienen die Endfasern etwas verkümmert und nur am untersten Ende des Organs mit der Beinseite in Verbindung treten. An Stelle der keulenförmigen Zellen liegen hier sehr viele kleine Zellen von rundlicher oder plattgedrückter Gestalt, denen ich den Namen „akzessorische Zellen“ (*accZ*) geben möchte; am besten veranschaulichen läßt sich ihre Lage, wenn wir Taf. 2, Fig. 8 betrachten. Hier sehen wir links unten die kleinen Endfasern (*Ef*), an die sich dann die von links nach rechts größer werdenden akzessorischen Zellen (*accZ*) anschließen; sie bilden gleichsam eine Unterlage des ganzen Organs; von den Zellen, welche am weitesten links liegen, sind einige mit der Hypodermis verwachsen. Über dieser Zellenschicht befinden sich die großen Kappenzellen (*Kz*); sie sind von länglicher Form, ähnlich denen von *Camponotus*. Nur die der andern Beinseite am nächsten, also der Insertionsstelle gegenüberliegenden Zellen haben ovale Gestalt. Die Anzahl der Zellen übersteigt die der Ameisen um das Doppelte bzw. Dreifache: es wurden 40—42 gezählt. Mit der eigentümlichen Anordnung der Kappenzellen, die wieder von der Ausbreitung und Anordnung der Sinneszellen abhängig gemacht werden muß, hängt zusammen, daß jene nach der Beinseite, an der das Organ angeheftet ist, kleiner und schmäler werden. Ein Querschnitt durch das Organ würde uns nicht wie bei den Ameisen als Kreis erscheinen, sondern als Ellipse, oder, ins Körperliche übertragen, würden die akzessorischen Zellen den Boden, die Kappenzellen den Rand eines seitlich zusammengedrückten Bechers darstellen. Ich habe mich in der Zeichnung bemüht, dem Räumlichen dadurch Ausdruck zu verleihen, daß ich die außerhalb der Bildebene liegenden Zellelemente leicht schraffiert habe. Der Kern der Kappenzellen liegt in den größern an der distalen Seite, in den kleinern kann er bis in die Mitte rücken.

In diese Zellen ragen hinein die Umhüllungszellen (*Uz*), von gleicher schlauchartiger Gestalt wie die der Ameisen. Den genauen Bau der nervösen Endapparate will ich weiter unten mit dem der Ameisen gemeinsam behandeln.

Die Stifte liegen mit ihrem terminalen Ende in der Kappen-, mit ihrem apicalen in der Umhüllungszelle. Während nun bei den Ameisen die Umhüllungszellen den Kappenzellen deutlich aufsitzen, erscheinen bei den Bienen jene in diese eingesenkt, wie aus Taf. 3, Fig. 11 zu ersehen ist.

An die Umhüllungszellen, in denen die an der Stiftbasis ent-

springenden Nervenfasern (*Ax*) verlaufen, schließen sich die Sinneszellen (*Sz*), die sich zu einem im Längsschnitt spindelförmig erscheinenden Komplex vereinigen und schließlich in den Subgenualnerv (*SN*) übergehen.

Die eigentümliche Anordnung der Sinneszellen ist leicht zu verstehen an Hand der Fig. 8.

Der Subgenualnerv löst seine Fasern kegelförmig auf und gibt sie an die Sinneszellen ab, deren Hauptgruppe in der verlängerten Richtung des Nerven liegt. Einige Fasern ziehen seitlich zu Sinneszellen, die, in zwei Reihen nebeneinander angeordnet, mit den nervösen Endschläuchen (Umhüllungszellen) der kleinern Kappenzellen in Verbindung treten. Die eine Reihe versorgt die äußern, die andere die innern, bei uns schwach schraffierten Endschläuche.

c) bei andern Hymenopteren.

Die Chordotonalorgane der Hummeln, Wespen und Terebrantien zeigen in ihrem Bau große Übereinstimmung mit den oben beschriebenen der Ameisen und Bienen. Bei allen heftet sich das Organ mit den Endfasern an der Hypodermis fest, bei allen finden sich die lichtbrechenden Stifte und die spindelförmigen Sinneszellen, die mit dem Subgenualnerven an die nervösen Endschläuche herantreten.

3. Bau der Stifte.

Soviel Forscher sich auch mit der genauern Untersuchung der stiftförmigen Körperchen befaßt haben, soviel zuweilen erheblich voneinander abweichende Deutungen haben diese eigenartigen Gebilde erlitten. Die meisten Autoren beschreiben die Stiftchen als spindel-, birn- oder zylinderförmige Körper, die eine Anschwellung der im nervösen Endschlauch verlaufenden Nervenfaser darstellen sollen.

Nur Bolles Lee (1883) faßt „das ganze Stiftkörperchen nicht als terminale Anschwellung eines nervösen Filamentes“ auf, sondern „als kapselartigen Umhüllungsapparat desselben“. Auf diesen Standpunkt stellt sich auch Schwabe (1906), der in jüngster Zeit die Stifte der Acridier, Locustiden und Gryllodeen einer ganz eingehenden Untersuchung unterworfen hat. Ihm verdanken wir die schönen Bilder, die uns über den genauen Verlauf der Achsenfaser, über die Lage und den komplizierten Bau der Stifte Aufschluß geben.

Bei allen Ameisenarten ist nun der Bau der Stifte gleich; diese

bestehen aus zwei Teilen: dem Stiftkopf (*Stk*) (Taf. 2, Fig. 10) und der Stiftwand (*Stw*). Die Länge beträgt bei *Camponotus herculeanus* ♀ 15 μ, bei *Formica sanguinea* ♀ 14 μ. Auf Querschnitten sind die Stifte drehrund. Der Stiftkopf stellt ein halbkugliges Gebilde dar; er besteht aus vollkommen homogener Masse, die jedoch dunkler erscheint als die Stiftwand. Diese erweist sich ebenfalls als homogene, aber stark lichtbrechende Masse. Im mittlern Teil ist die am apicalen Ende äußerst fein auslaufende Stiftwand etwas, doch gleichmäßig verdickt, wie in Fig. 10 zu sehen ist.

Der Achsenstrang (*Ax*) heftet sich am Stiftkopf fest; eine achsiale Durchbohrung, wie sie von andern Forschern beschrieben wurde, habe ich hier nicht beobachten können; er durchzieht dann als immer feiner werdender Strang das Stiftlumen, ohne jedoch die Wandung zu berühren; kurz vor seinem Austritt durch die proximale Öffnung verdickt er sich wieder und biegt gleich darauf in einem stumpfen Winkel um, so daß ein Knick (*Kn*) entsteht; dann verläuft er wieder in der ursprünglichen Richtung durch die Umhüllungszelle, an deren Kern (*Uzk*) vorbei bis zur Sinneszelle, wo er sich in Fibrillen aufzulösen scheint.

Eine Vacuole, die sich an die Stiftspitze anschließt, wie sie Schwabe beschreibt, habe ich nie entdecken können. Äußerlich stimmt der Zusammenhang von Umhüllungszelle und Kappenzelle mit dem Organ der Locustiden insofern überein, als bei den Ameisen sich ebenfalls zwischen beiden Zellen scharfe Konturen erkennen lassen, während bei den Bienen diese Zellelemente große Ähnlichkeit mit deren Anordnung bei den Acridiern aufweist.

Die Kappenzellen (*Kz*) (Taf. 3, Fig. 11) stülpen sich bei den Bienen mützenartig über das distale Ende der Umhüllungszellen (*Uz*) und zwar derart, daß die Stiftspitzen in der Höhe ihres proximalen Randes liegen. Die Umhüllungszelle, deren Protoplasma eine hellere Struktur als das der intensiver färbbaren Kappenzellen erkennen läßt, ist stets bis zur Basis der Stiftwand zu verfolgen, so daß nur der Stiftkopf (*Stk*) in der Kappenzelle selbst zu liegen scheint.

Die Stifte sind bei den Bienen von schlankerer Form als bei den Ameisen. Ihr Kopf besteht ebenfalls aus einer vollkommen homogenen Masse, doch ist er schmäler und von kegelförmiger Gestalt, wie sich aus Fig. 11 leicht erkennen läßt.

An einem Längsschnitt durch den Stift sieht man, daß der Stiftkopf zur Hälfte von einem feinen Kanal (*Kk*) durchsetzt ist, an dessen Grund sich die Achsenfaser (*Ax*) anheftet. Dem Kopf sitzt

die stark lichtbrechende Stiftwand (*Stw*) auf, die sich apicalwärts gleichmäßig verjüngt und an der Spitze sehr fein ausläuft. Auf Querschnitten erscheint sie drehrund. Die sich im Kopfkanal (*Kk*) anheftende Achsenfaser verläuft in diesem zentral und durchzieht ebenso das Stiftlumen; während sie kopfwärts etwas verdickt erscheint, wird sie im weitern Verlauf etwas dünner, um beim Durchtritt durch die proximale Öffnung des Stiftes abermals anzuschwellen; sodann läßt sie sich durch die Umhüllungszelle, an deren Kern sie vorbeigeht, hindurch bis zur Sinneszelle verfolgen. Einen Knick, wie wir ihn bei dem Achsenstrang der Ameisen gefunden haben, macht die aus dem Stift austretende Nervenfaser nicht, sondern verläuft in gerader Richtung proximalwärts.

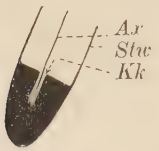


Fig. D.
Stiftkopf mit Kopfkanal *Kk* und Achsenfaser *Ax* von *Apis mellifica*.

II. Die Entwicklung des Chordotonalorgans bei *Apis mellifica*.

Die Entwicklung der Arbeitsbienen geht bekanntlich sehr schnell vor sich. Am 9. Tage nach der Eiablage ist das Larvenstadium durchlaufen, und am 21. Tage schlüpft die Imago aus. Bei meinen Untersuchungen bin ich derart vorgegangen, daß ich zunächst nur die Beine der ältesten Puppenstadien schnitt, bis ich, die verschiedenen Tage der Entwicklung rückwärts verfolgend, genötigt war, die Imaginalscheiben herauszupräparieren. Da mir dies trotz vieler Bemühungen nur einmal einwandsfrei gelang, zog ich es vor, die ganzen Larven zu schneiden, wodurch ich in den verschiedenen Serien bei Sagittalschnitten drei, bei Querschnitten zwei Beinanlagen nebeneinander traf; dies erleichterte die Verfolgung und vor allem die Vergleichung der aufeinanderfolgenden Entwicklungsstadien wesentlich.

Über die Entwicklung von Chordotonalorganen war bisher noch nichts bekannt; man gab sich höchstens aus Analogieschlüssen mit der Annahme zufrieden, daß man es hier mit integumentalen Gebilden zu tun habe. Schwabe (1906) gibt zwar eine Abbildung eines als Geruchsorgan gedeuteten Sinnesapparats „in statu nascendi“ von *Mecosthetus grossus* (auf tab. 3, fig. 18), aus der wir vermuten können, daß sich die noch in der Hypodermis liegenden Zellelemente der spätern Terminalschläuche im Laufe der Entwicklung heraus-

differenzieren, doch hat er, wie er selbst angibt, eine Weiterentwicklung nicht beobachtet.

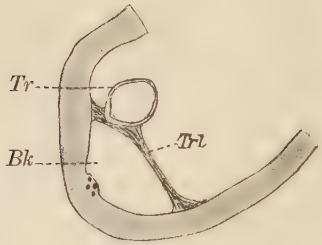
Am 7. Tage der Entwicklung bietet sich uns auf einem Querschnitt durch die Anlage der Tibia in der Imaginalscheibe die Hypodermis als gleichmäßig breiter Ring mit sehr vielen Kernen dar, dessen Lumen durch einen Strang von Zellen in zwei ungleiche Abschnitte geteilt wird; der kleinere ist der Blut-, der größere der Muskelkanal. In den jungen Stadien ist dieser Strang, den ich Tracheenligament nennen will, weil die beiden tibialen Tracheenäste durch ihn sowohl mit der Hypodermis als auch untereinander verbunden werden, noch vielkernig, ziemlich breit und aus fasrigem Bindegewebe aufgebaut; im Laufe der Entwicklung jedoch dehnt es sich mit der sich streckenden Tibia aus, wird dünner, so daß man es mit einer feinen, durch die ganze Tibia von oben nach unten ausgespannten Membran vergleichen kann, die Kerne verschwinden allmählich, und schließlich scheint es sich aufzulösen, denn bei dem ausgebildeten Tier habe ich es niemals mehr nachweisen können.

Am 7. Tage findet man in der Tibia nur dieses fasrige Ligament und einen Tracheenast, der später zum Hauptstamm wird; der zweite, kleinere Ast stülpt sich erst am 9. Tage aus jenem aus und wächst dann am Ligament entlang distalwärts.

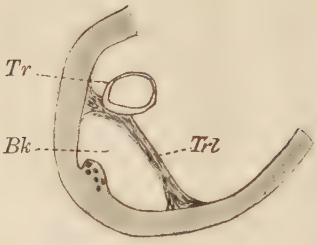
Am 8. Tage bildet sich unterhalb des Kniees in den Blutkanal (*Bk*) (Textfig. E a—g) hinein eine kleine Wucherung der Hypodermiszellen; einige der sonst im Schnitt kreisrunden Kerne haben ovale Form angenommen, sind etwas größer geworden und an den innern Rand der Hypodermis gerückt; am äußern Rand hat sich eine kleine Einbuchtung (Textfig. Ee) gebildet, die hier liegenden Zellen haben sich gestreckt und ordnen sich strahlenförmig nebeneinander an.

Bei einer andern Larve, die an diesem Tage offenbar schon etwas weiter entwickelt war, fand ich die Ausstülpung schon so weit vorgeschritten, daß sich die Zellen (*Nz*) (Taf. 3, Fig. 12), welche später mit dem Subgenualnerven in Verbindung treten, deutlich erkennen ließen; doch hatte das Protoplasma der einwuchernden Zellen noch keine wesentlich andere Struktur angenommen als das der Hypodermis (*Hyp*).

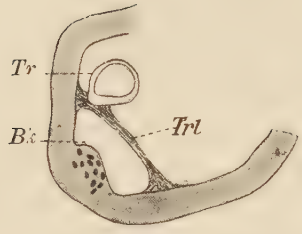
Während sich im Blutkanal die erste Anlage des Chordotonalorgans bildet, schnürt sich von der innern Wand der Hypodermis in den Muskelkanal (*Mk*) (Textfig. F a—l) hinein eine Falte ab, vom Tarsus zum Femur fortschreitend, welche nach meiner Ansicht den



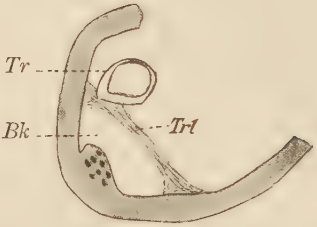
a



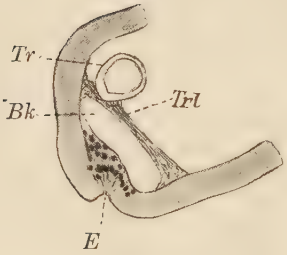
b



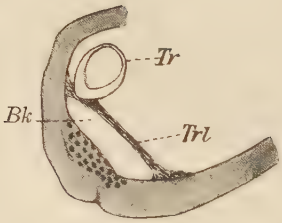
c



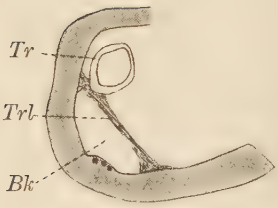
d



e



f



g

Fig. E.

a—g *Apis mellifica.*
Erste Anlage des Organs als Einstülpung in den Blutkanal *Bk.*
ZEISS Ok. 2, Obj. C.

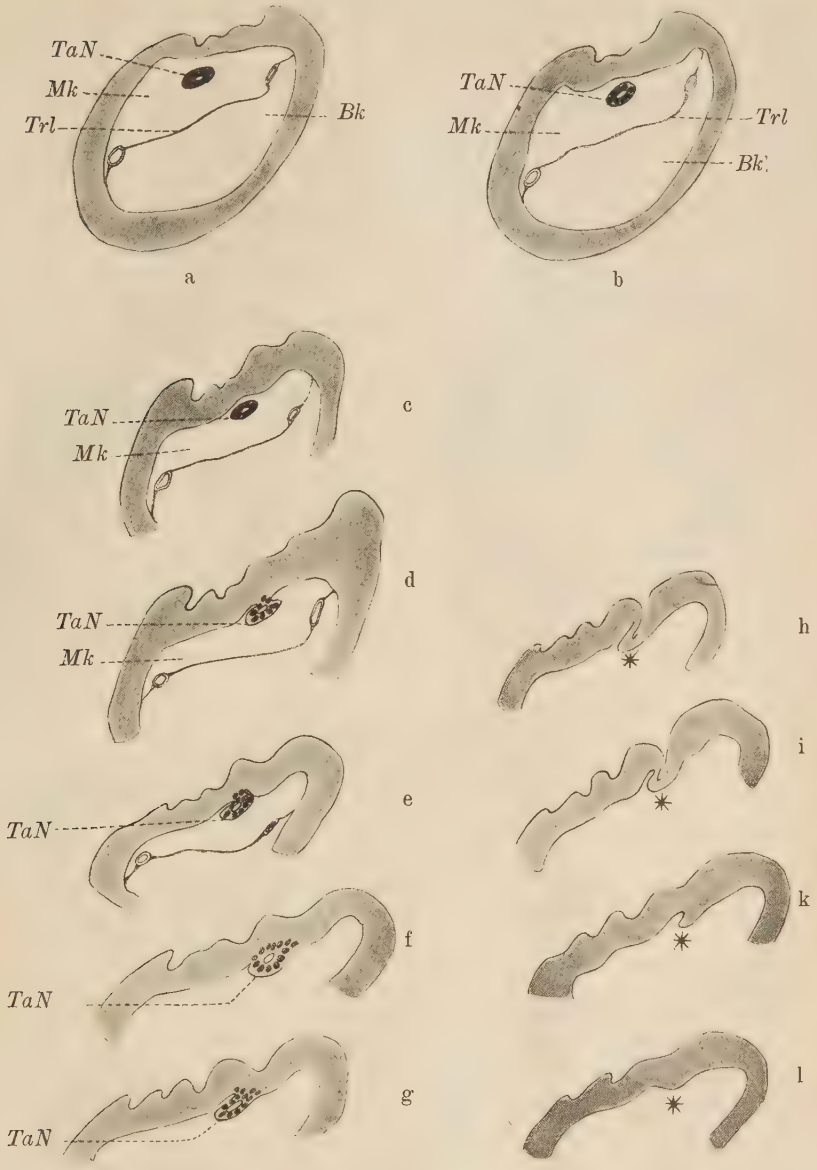


Fig. F.

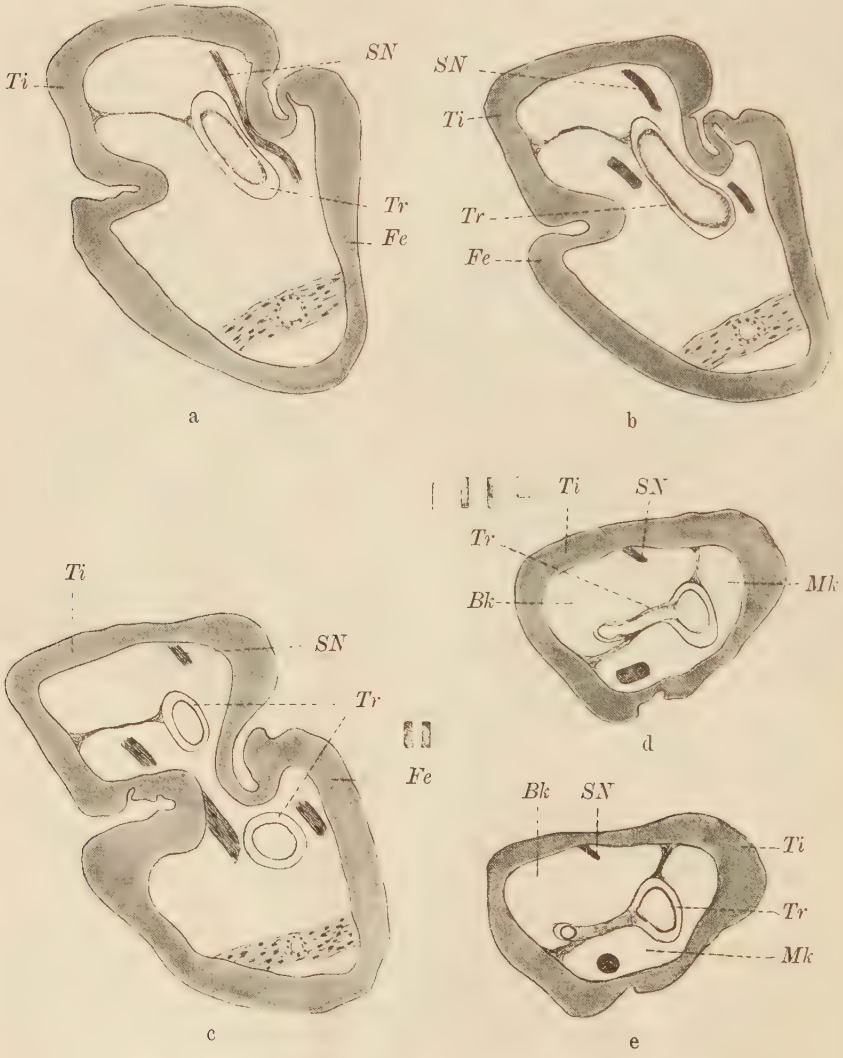
a—l *Apis mellifica.*

Allmähliche Ausstülpung des Tarsalnerven *TaN* aus der hintern Beinwand in den Muskelkanal *Mk.*

* Falte, aus der sich der Nerv entwickelt. Zeiss Ok. 2, Obj. C.

Tarsalnerven (*TaN*) liefert. Mesodermzellen sind auf diesem Stadium noch nicht in die Tibia eingedrungen, während sie im Femur teils vereinzelt, teils in kleinern Komplexen anzutreffen sind.

Auf den Schnitten durch die Imaginalscheiben des 9. und 10. Tages sehen wir, daß die Hypodermiseinstülpung (*Anl*) (Texfig. Ga—m) weiter in den Blutkanal vorgedrungen ist und daß sich eine erste Differenzierung in verschiedene Kerne und Zellen bemerkbar macht.



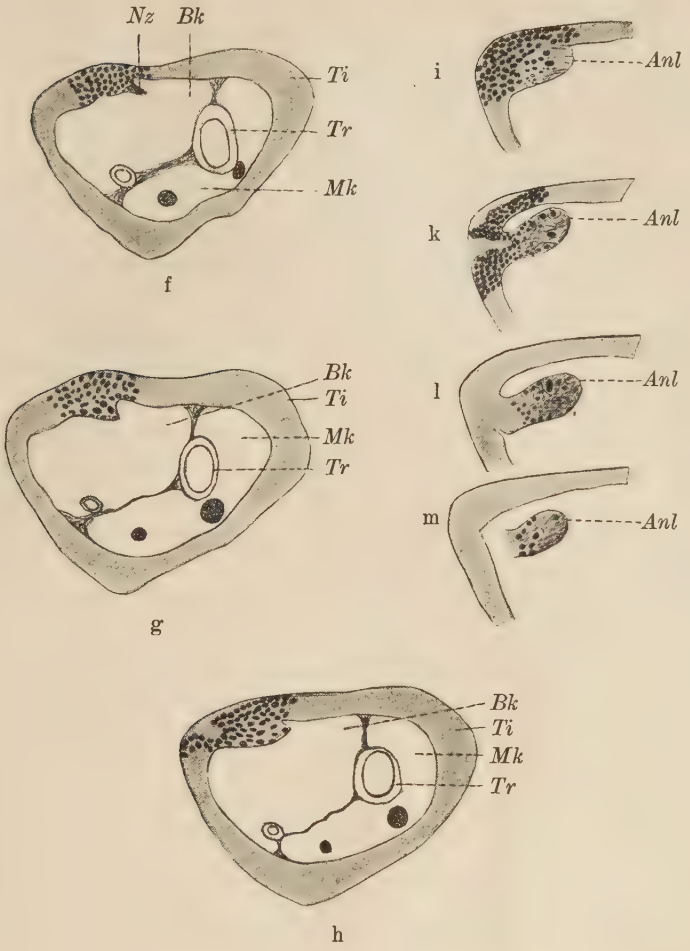


Fig. G.

a—m *Apis mellifica.*

Herantreten des Subgenualnerven *SN* an die Anlage *Anl* am 10. Tage.

Zeiss Ok. 2, Obj. C.

In dem am weitesten nach innen gelegenen Teil lassen sich die ersten Zellgrenzen unterscheiden (vgl. Taf. 3, Fig. 13 und Textfig. Gl), das Protoplasma ist heller tingiert, und die Kerne sind bedeutend größer als die noch aus der Hypodermis einwandernden; die am proximalsten gelegenen Zellen haben spindelförmige Gestalt

angenommen und deuten dadurch darauf hin, daß aus ihnen die Sinneszellengruppe hervorgeht.

Unsere Schnittserie ist nun so geführt, daß zunächst Femur und Tibia im Knie tangential getroffen sind; der Subgenualnerv (*SN*) (Textfig. G a—e) bietet sich uns also an der Umbiegungsstelle gerade im Längsschnitt (Textfig. G a) dar. Sodann können wir diesen Nervenast distalwärts verfolgen immer an der Hypodermis entlang (Textfig. Gc—f), bis er mit dem proximalen Teil der Einstülpung verwächst. Auf einem idealen Längsschnitt durch die Tibia, der unserer obenstehenden Querschnittserie entspricht, würden wir also folgendes Bild erhalten (s. Textfig. H):

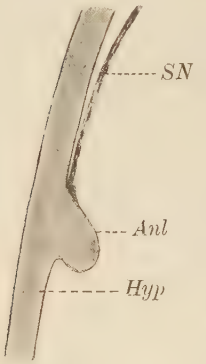


Fig. H.
Idealer Längsschnitt durch die Tibia, die Schnittserie G a—m darstellend.

Es liegt nun die Annahme nahe, nach Analogie mit der oben geschilderten hypodermalen Entstehung des tibialen Tarsalnerven (Textfig. F a—l), daß sich der Subgenualnerv auf die gleiche Weise aus der Hypodermis als Längsfalte herausdifferenziert. Hierfür jedoch kann ich keinen so sichern Beweis erbringen; zwar sendet die Chordotonalorgananlage dem Nerven einen kleinen Ast (*Nz*) entgegen, doch bleibt dieser stets in unmittelbarer Nähe der Hypodermis, wie aus Textfig. Ee und Taf. 3, Fig. 12 — allerdings hier schon auf etwas fortgeschrittenerm Stadium — zu ersehen ist. Andrerseits habe ich auch nicht beobachten können, daß jener Nervenast allmählich in die Tibia vom Femurnerven aus hineinwächst; man kann nun annehmen, daß der kleine Fortsatz der Anlage (*Nz*) dem Subgenualnerven gewissermaßen auf halbem Wege entgegenkommt und sich mit ihm verbindet oder daß sich an jenen, an der Hypodermis entlang proximalwärts wachsenden Fortsatz neue Hypodermiszellen anschließen und sich so später als Strang abschnüren.

Diese schwierige Frage nach der Entstehung der Nerven in den Imaginalscheiben möge hier offen und einer spätern Arbeit vorbehalten bleiben.

Zwischen dem 10. und 11. Tage haben die Sinneszellen (*Sz*) (Taf. 3, Fig. 14) zum Teil ihre definitive Gestalt angenommen und sich erheblich von der Hypodermis entfernt. Mann erkennt schon deutlich die Hauptgruppe, welche später die großen Kappenzellen (*Kz*) innerviert, und die seitlich verlaufende Reihe (*SzR*), welche, in zwei

Lagen angeordnet, mit den kleinen Kappenzellen in Verbindung tritt; doch steht die Sinneszellenreihe (*SzR*) noch in engem Zusammenhang mit der Hypodermis, aus der einzelne Kerne in diesen Organabschnitt übertreten. Die großen Kappenzellen (*Kz*) haben sich so weit differenziert, daß sie etwas von den Sinneszellen abgehoben erscheinen, ohne jedoch ihre innige Verbindung mit der Hypodermis zu verlieren; die in sie einwandernden Kerne sind bedeutend herangewachsen und haben ihre charakteristische Struktur angenommen, welche sie von den Kernen der übrigen Zellelemente unterscheidet. Von der Sinneszellengruppe aus haben ferner sich Plasmabrücken zu den Kappenzellen gebildet, in denen wir die Anlagen der Umhüllungszellen (*Uz*) erblicken müssen. Die Stränge sind nicht deutlich von den Sinneszellen abgesetzt, doch läßt sich ihr Eintritt in die Kappenzellen verfolgen, in deren Protoplasma sie übergehen. Auf unserer Abbildung (Taf. 3, Fig. 14) sieht man an den äußern 3 Strängen unterhalb der Sinneszellen die kleinen Kerne (*Uzk*), welche im Laufe der weitern Entwicklung in die Stränge hinabrücken und die Umhüllungszellkerne darstellen. Die Kappenzellen stehen mit ihrer Basis noch mit dem fasrigen Plasma der Hypodermis in direkter Verbindung. Nachstehende Serienschnitte (Textfig. Ja—g) folgen auf den in Fig. 14, Taf. 3 dargestellten. Hier sind schon Zellen getroffen, die sich zu akzessorischen (*accZ*) umgebildet haben; sie wuchern strahlenförmig in die Ausstülpung ein, wie aus Jb ersichtlich ist. Das Lumen (*L*), welches auf den Figuren c—e im Schnitt getroffen ist, stammt von einer tiefen Einstülpung der äußern Beinwand und erhält sich während der ganzen Entwicklung bis zum ausgebildeten Organ, wo es, um bei dem oben angewandten Bilde zu bleiben, den Hohlraum des Bechers darstellt, um den sich die Zellelemente des Organs anordnen.

Am 11. Tage treffen wir auch auf die ersten Anlagen der Stifte im distalen Ende der Umhüllungszellen; die Köpfe erscheinen als dunkle Pünktchen, denen die stark lichtbrechende Wand aufsitzt.

Da sich an diesem Tage die Beine ausstülpen und infolgedessen sehr rasch ausdehnen, muß auch, um mit der Entwicklung gleichen Schritt halten zu können, sich das Organ beträchtlich in die Länge strecken. Wir finden daher am 12. Tage die Verbindung der Sinnes- und Kappenzellen mit der Hypodermis gelöst und nur noch an der Insertionsstelle des Organs erhalten. Von hier aus dringen allerdings noch einige Tage lang Kerne und Zellen in den distalen Teil des Organs und liefern teils Kappen-, teils akzessorische Zellen.

Fig. J.
a—g *Apis mellifica.*
Chordotonalorgan noch im Zusammenhang mit der Hypodermis (vgl. Taf. 3, Fig. 14).
ZEISS Ok. 2, Obj. C.

Auf Taf. 3, Fig. 15 sehen wir einen Querschnitt durch die Tibia, in deren Blutkanal (*Bk*) das Chordotonalorgan etwas schräg geschnitten ist. Die Kerne (*Uzk*) der Umhüllungszellen sind tiefer gerückt, doch ist eine deutliche Differenzierung dieser Zellen und der Kappenzellen (*Kz*) noch nicht eingetreten; wohl aber lassen sich bei starker Vergrößerung in den Stiften die zu den Sinneszellen ziehenden Achsenfasern unterscheiden. Die Kerne der Hypodermis liegen meist schon in einer Reihe nebeneinander, und das Tracheenligament (*Trl*) ist, besonders zwischen den beiden Tracheenästen (*Tr* und *tr*), sehr dünn geworden.

In den folgenden 4 Tagen gelangt schließlich das Organ zu

seiner vollständigen Ausbildung. Am 13. Tage finden wir noch eine Einstülpung der äußern Beinwand an der Insertionsstelle. Hier wandern noch Hypodermiskerne in einem schmalen Plasmastrang (*Pst*) (Taf. 3, Fig. 16 u. 17), mit dem das Organ an der Beinwand festgeheftet ist, zu den akzessorischen Zellen; zuweilen gelangen die Kerne allein an das distale Ende des Organs (Fig. 17) und werden hier erst seinen Bestandteilen angegliedert, zuweilen umgeben sie sich aber auch gleich nach ihrem Eintritt in den Plasmastrang mit einer Zellmembran (Fig. 16) und rücken dann den übrigen Organelementen entgegen.

Am 15. Tage findet man nur noch eine kleine Anhäufung von Zellen an der Insertionsstelle, die sich dann in die Länge strecken und als kleine Endfasern an der Beinwand festheften. Die akzessorischen Zellen haben nun ihre definitive Lage und Größe unterhalb der Kappenzellen angenommen; bis zum 16. Tage strecken sich die Umhüllungszellen und differenzieren sich deutlich von den Kappenzellen.

So treffen wir schon am 17. Tage der Entwicklung das Organ vollkommen ausgebildet, wie wir es oben vom ausgewachsenen Tiere eingehend beschrieben haben.

E. Zusammenfassung und Schluß.

Das Chordotonalorgan der Ameisen ist mit seinen langen Endfasern, die in die keulenförmigen Zellen übergehen, am Chitin der Beinwand festgeheftet. Auf den keulenförmigen Zellen sitzen die Kappenzellen, in die die Köpfe der Stifte hineinragen. In jedem Stift verläuft axial eine Nervenfaser; diese führt durch die langgestreckte Umhüllungszelle hindurch zu einer Gruppe von Sinneszellen, die ihrerseits von dem durch das Femur in die Tibia eintretenden Subgenualnerv innerviert werden.

Bei den Bienen finden wir im Prinzip denselben Aufbau des Organs, nur ist bei dieser Tiergruppe die Zahl der das Organ konstituierenden Zellelemente eine bedeutend größere als bei den Ameisen.

Auch bei den übrigen untersuchten Hymenopteren konnten wir keine Abweichung vom allgemeinen Bau des Chordotonalorgans feststellen.

So ist man wohl zu der Annahme berechtigt, daß es sich bei allen Hymenopteren um homologe Bildungen handelt. Nun haben wir ferner gesehen, daß auch zwischen dem Organ der Orthopteren

und dem der Hymenopteren in Lage und Bau große Ähnlichkeit besteht. Allerdings ist bei den Hymenopteren eine Zellenreihe, nämlich die keulenförmigen Zellen, eingeschaltet, während sich doch bei den Orthopteren die Kappenzellen zu den Endfasern ausziehen. Ob wir deshalb auch die Chordotonalorgane dieser beiden Tiergruppen homologisieren dürfen, mag dahingestellt bleiben.

Auffallend ist es, wie frühzeitig das Organ in der Entwicklung angelegt wird: schon am 8. Tage nach der Eiablage bildet sich aus den Hypodermiszellen der Tibia eine kleine Wucherung in den Blutkanal hinein, aus der allein das ganze Organ hervorgeht, am folgenden Tage tritt die erste Differenzierung der Zellen ein, und am 10. und 11. Tage kann man deutlich Sinnes-, Umhüllungs- und Kappenzellen unterscheiden. Am 11. und 12. Tage gelangen die Stifte zur Ausbildung, am 13. Tage liegt der nervöse Teil des Organs frei im Blutkanal, nur noch durch die sich aus der Hypodermis herausdifferenzierenden akzessorischen Zellen mit dieser verbunden. Da die Beine jetzt ausgestülpt sind und ziemlich rasch wachsen, tritt in den folgenden Tagen eine Streckung des Chordotonalorgans ein; am 15. und 16. Tage bilden sich die Endfasern aus, und am 17. Tage hat die Entwicklung des Organs ihr Ende erreicht.

Wir haben also gesehen, daß es sich hier um eine rein ectodermale Bildung handelt, die sich im Laufe der Entwicklung aus der Hypodermis an Ort und Stelle herausdifferenziert. Die frühe Anlage des Organs macht es auch wahrscheinlich, daß sein Ursprung in der Phylogenie sehr weit zurückliegt.

Bedenkt man nun, daß das Chordotonalorgan bei ♂, ♀ und ♀ in gleicher Lage und Ausbildung vorkommt, also auch wohl gleiche Funktion hat, so kann man annehmen, daß das Organ kaum von Bedeutung ist bei spezieller Leistung der einzelnen Kasten im Bienen- oder Ameisenstaate. Die Ansichten der meisten Forscher über die Funktion der Chordotonalorgane gehen dahin, daß diese Organe Gehörfunktionen dienen; ist es doch sehr wahrscheinlich, daß die isolierte Lage, die Stiftchen mit der Achsenfaser und nicht zuletzt die Anschwellung der Trachee, vor der das Organ liegt, die Perception der Schallschwingungen erleichtert bzw. durch Mitschwingung erhöht.

Literaturverzeichnis.

v. Adelung, N., 1892, Beiträge zur Kenntnis des tibialen Gehörapparates der Locustiden, in: Z. wiss. Zool., Vol. 54.

Bethe, A., 1903, Allgemeine Anatomie und Physiologie des Nervensystems, Leipzig.

Bolles Lee, A., 1883, Bemerkungen über den feineren Bau der Chordotonalorgane, in: Arch. mikrosk. Anat., Vol. 23.

v. Buttel-Reepen, 1900, Sind die Bienen Reflexmaschinen? in: Biol. Ctrbl., Vol. 20.

Escherich, K., 1906, Die Ameise, Braunschweig.

Forel, A., 1874, Les Fourmis de la Suisse.

Graber, V., 1875, Die tympanalen Sinnesapparate der Orthopteren, in: Denkschr. Akad. Wiss. Wien.

—, 1881, Über die stifteführenden oder chordotonalen Sinnesorgane bei den Insecten, in: Zool. Anz., Jg. 4, No. 91.

—, 1881, 1882, Die chordotonalen Sinnesorgane und das Gehör der Insecten, in: Arch. mikrosk. Anat., Vol. 20, 21.

Günther, K., 1901, Über Nervenendigungen auf dem Schmetterlingsflügel, in: Zool. Jahrb., Vol. 14, Anat.

Hensen, V., 1866, Über das Gehörorgan von Locusta, in: Z. wiss. Zool., Vol. 16.

Herbig, C., 1902, Anatomie und Histologie des tibialen Gehörapparates von Gryllus domesticus, in: Arch. mikrosk. Anat., Vol. 61.

Janet, Ch., 1894, Sur les nerfs de l'antenne et les organes chordotonaux chez les Fourmis, in: CR. Acad. Sc. Paris, Vol. 118.

Leydig, F., 1851, Anatomisches und Histologisches über die Larve von Corethra plumicormis, in: Z. wiss. Zool., Vol. 3.

—, 1860, Über Geruchs- und Gehörorgane der Krebse und Insekten, in: Arch. Anat. Physiol.

Lubbock, J., 1879, On the anatomy of Ants, in: Trans. Linn. Soc. London.

Nagel, A., 1894, Vergleichend physiologische und anatomische Untersuchungen über den Geruchs- und Geschmackssinn und ihre Organe, in: Zoologica, Heft 18, Vol. 7.

Oyen, L., 1901, Der chordotonale Sinnesapparat des Bacillus Rossi, Dissertation, Leipzig.

Rádl, E., 1905, Über das Gehör der Insekten, in: Biol. Ctrbl., Vol. 25.

van Rees, J., 1889, Beiträge zur Kenntnis der inneren Metamorphose von Musca vomitoria, in: Zool. Jahrb., Vol. 3, Anat.

Ruland, F., 1888, Beiträge zur Kenntnis der antennalen Sinnesorgane bei Insekten, in: Z. wiss. Zool., Vol. 46.

Schenk, O., 1903, Die antennalen Hautsinnesorgane einiger Lepidopteren und Hymenopteren, in: Zool. Jahrb., Vol. 17, Anat.

Schmidt, O., 1875, Die Gehörorgane der Heuschrecken, in: Arch. mikrosk. Anat., Vol. 11.

Schwabe, J., 1906, Beiträge zur Morphologie und Histologie der tympanalen Sinnesapparate der Orthopteren, in: Zoologica, Heft 50, Vol. 20.

v. Siebold, Th, 1844, Über das Stimm- und Gehörorgan der Orthopteren, in: Arch. Naturgesch.

Vom Rath, O., 1888, Über die Hautsinnesorgane der Insekten, in: Z. wiss. Zool., Vol. 46.

—, 1896, Zur Kenntnis der Hautsinnesorgane und des sensiblen Nervensystems der Arthropoden, ibid., Vol. 61.

Verhoeff, K., 1903, Über Tracheatenbeine, in: Nova Acta Acad. Leop. Car., Vol. 81.

Wasmann, E., 1909, Die psychischen Fähigkeiten der Ameisen, Stuttgart.

Weismann, A., 1863, Die Entstehung des vollendeten Insekts in Larve und Puppe, Frankfurt a. M.

—, 1866, Die Metamorphose der Corethra plumicornis, in: Z. wiss. Zool. Vol. 16.

Erklärung der Abbildungen.

Sämtliche Zeichnungen, mit Ausnahme von Fig. 6, sind mit dem ABBÉ'schen Zeichenapparat auf Objekttischhöhe entworfen worden.

accZ akzessorische Zellen
Ak Ausführungskanäle
Anl Anlage des Chordotonalorgans
Ax Nervenfaser
Bk Blutkanal
Drz_1 femorale Drüsenzellen
Drz_2 tibiale Drüsenzellen
Ef Endfasern
Gx Ganglienzellen
Hyp Hypodermis
I Insertionsstelle
Klz keulenförmige Zellen
Km Kegelmembran
Kn Knick der Nervenfaser
Kz Kappenzellen
Lf Längsfurche der Trachee
Mbk Membrankanäle
Mk Muskelkanal
N Nerv
Nz Nervenzellen
P Porus
Pk Porenkanäle
Pst Plasmastrang
R lichtbrechender Ring
S_1 Sehne des Tibiastreckers
S_2 Sehne des Tarsusbeugers
Sh Sinneshaare
SN Subgenualnerv
SO Chordotonalorgan
St Stifte
Stk Stiftkopf
Stw Stiftwand
Sz Sinneszellen
Szk Sinneszellenkern
SzR Sinneszellenreihe
Tr Trachee
Tra Tracheenast
Trbl blasenartige Anschwellung der Trachee
Trc Tracheenkommunikation
Trl Tracheenligament
TSt Terminalstrang
Uz Umhüllungszellen
Uzk Umhüllungszellkern

Tafel 1.

Fig. 1. Schematisches Übersichtsbild über Lage und Anordnung des Chordotonalorgans in der Tibia von *Lasius niger* ♀. 1. Bein. Die An-

heftungsstelle der Endfasern *Ef* am Chitin liegt außerhalb der Tafelebene. Der zu dem Subgenualganglion ziehende Nerv *N* löst sich in Ganglienzellen *Gz* auf, welche die Sinneshaare *Sh* und das Chordotonalorgan *SO* innervieren. *Tr* Trachee, *Bk* Blut-, *Mk* Muskelkanal.

Fig. 2. Frontalschnitt durch die Tibia von *Formica sanguinea* ♀. Vor der blasenartigen Anschwellung der Trachee *Trbl* liegt der Subgenualnerv *SN* mit dem Chordotonalorgan *SO*. Der aus der Tracheenblase entspringende kleine Tracheenast *Tra* tritt in der Mitte der Tibia mit der Stammtrachee in Kommunikation *Trc*. *Lf* Längsfurche der Trachee.

Kombiniert aus 4 aufeinanderfolgenden Schnitten.

Fig. 3. Femorale Drüsenzellen Drz_1 mit Ausführungskanälen *Ak* im Kniegelenk von *Camponotus herculeanus* ♀. 1. Bein. *Hyp* Hypodermis, S_1 Sehne des Tibiastreckers.

Zeiss Ok. 2, Obj. E. Schnitt 30 μ.

Fig. 4. Tibiale Drüsenzellen Drz_2 mit Ausführungskanälen *Ak* im Tibiotarsalgelenk von *Formica sanguinea* ♀. 2. Bein. S_2 Sehne des Tarsusbeugers.

Zeiss Ok. 2, Obj. E. Schnitt 30 μ.

Fig. 5. Tibialnerv mit Subgenualganglionzellen *Gz* von *Lasius fuliginosus* ♀. 1. Bein. Die Ganglienzellen innervieren Sinneszellen *Sz*, welche mit dem Terminalstrang *TSt* das Chitin durchsetzen und durch die Porenkanäle *Pk* mit den Sinneshaaren *Sh* oder durch die Membrankanäle *Mbk* mit der Außenseite des Beines in Verbindung treten. *Hyp* die unter den Membrankanälen vom Chitin abgehobene Hypodermis.

Zeiss Komp.-Ok. 4, Obj. E. Schnitt 30 μ.

Tafel 2.

Fig. 6. Sinneskegel von *Camponotus ligniperdus* ♀, der sich auf dem lichtbrechenden Ring *R* erhebt. *Km* Membran des Kegels mit Porus *P*. *SN* Subgenualnerv mit Sinneszelle *Sz* und Terminalstrang *TSt*.

Fig. 7. Chordotonalorgan von *Formica sanguinea* ♀. Von der Insertionsstelle *I* aus durchdringen die Endfasern *Ef* die Hypodermis *Hyp* und gehen in die keulenförmigen Zellen *Kkz* über; diesen sitzen die Kappenzellen *Kz* auf, in denen die Stifte *St* liegen, deren Spitzen aber ragen in die Umhüllungszellen *Uz* hinein. Vom Stiftkopf *Stk* aus kann man die Nervenfaser *Ax* durch die Umhüllungszellen verfolgen bis zu den Sinneszellen *Sz*, die vom Subgenualnerven *SN* innerviert werden. *Szk* Sinneszellenkern, *Uzk* Umhüllungszellkern.

Kombiniert aus 2 aufeinanderfolgenden Schnitten.

Zeiss Komp.-Ok. 2. Homogene Immersion 1,5 mm.

Fig. 8. Frontalschnitt durch die Tibia von *Apis mellifica*. 20. Tag der Entwicklung. Vgl. Fig. 9.

Der Subgenualnerv *SN* zieht zu den Sinneszellen *Sz* und zu der Sinneszellenreihe *SzR*, die in die Umhüllungszellen *Uz* übergehen; diese

ragen hinein in die Kappenzellen *Kz*, an die sich die akzessorischen Zellen *accZ* anschließen, die schließlich teils durch Verwachsen *Hyp*, teils durch Endfasern *Ef* mit der Hypodermis in Verbindung treten.

Kombiniert aus 3 Schnitten von je 10 μ. Zeiss Ok. 2, Obj. C.

Fig. 9. Längsschnitt durch die Tibia von *Apis mellifica*. 20. Tag der Entwicklung. Vgl. Fig. 8.

Kz Kappenzellen des Chordotonalorgans, verbunden durch die Umhüllungszellen *Uz* mit den Sinneszellen *Sz* im Blutkanal *Bk*. *SN* Subgenualnerv, *Tr* Trachee.

Zeiss Ok. 2, Obj. C. Schnitt 15 μ.

Fig. 10. Kappenzellen *Kz* und Umhüllungszellen *Uz* von *Camponotus herculeanus* ♀. 1. Bein, stärker vergrößert. *Stk* Stiftkopf, an dem die durch die Stiftwand *Stw* zentral verlaufende Nervenfaser *Ax* ansetzt. *Kn* Knick der Nervenfaser nach ihrem Austritt aus der Stiftöffnung.

Zeiss Komp.-Ok. 6. Immers. $^1/_{12}$". Schnitt 12 μ.

Tafel 3.

Fig. 11. Kappenzellen *Kz* und Umhüllungszellen *Uz* von *Apis mellifica*, stärker vergrößert. Stiftkopf *Stk*, an dem die Nervenfaser *Ax* entspringt, die durch die Umhüllungszelle zu der Sinneszelle *Sz* zieht.

Zeiss Komp.-Ok. 6. Homog. Immers. 3,0. Schnitt 10 μ.

Fig. 12. *Apis mellifica*. Schnitt durch die Anlage des Chordotonalorgans am 8. Tage der Entwicklung. Die am weitesten eingestülpten Zellen *Kz* lassen schon eine erste Differenzierung erkennen. *Hyp* Hypodermis.

Zeiss komp. Ok. 2. Homog. Immers. $^1/_{12}$". Schnitt 7,5 μ.

Fig. 13. *Apis mellifica*. Schnitt durch die Einstülpung am 10. Tage der Entwicklung; vergrößertes Bild von Textfig. G1. *Anl* Anlage mit etwas mehr differenzierten Zellen. *Hyp* Hypodermis.

Zeiss Ok. 4, Obj. C. Schnitt 10 μ.

Fig. 14. *Apis mellifica*. Die Differenzierung der Einstülpung ist zwischen dem 10. und 11. Tage schon so weit vor sich gegangen, daß man die Zellelemente des Organs unterscheiden kann. Mit der Hypodermis *Hyp* stehen die Kappenzellen *Kz* und die Zellen der Sinneszellenreihe *SzR* noch in innigem Zusammenhang. Unter den Sinneszellen *Sz* erkennt man einige Umhüllungszellkerne *Uzk*, die später in die Plasmastränge, welche zu den Kappenzellen ziehen, einwandern, so daß jene die Umhüllungszellen *Uz* darstellen.

Zeiss Ok. 4, Obj. C. Schnitt 5 μ.

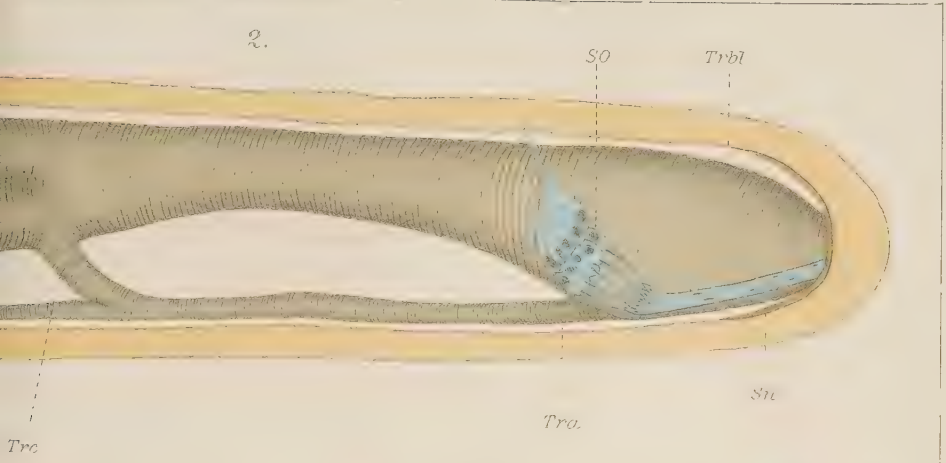
Fig. 15. *Apis mellifica*. Querschnitt durch die Tibia am 12. Tage der Entwicklung. Das Chordotonalorgan, im Blutkanal *Bk* liegend, ist etwas schräg getroffen. Die Umhüllungszellkerne *Uzk* sind noch nicht in die Umhüllungszellen hinabgewandert. Die Kappenzellen *Kz* haben sich

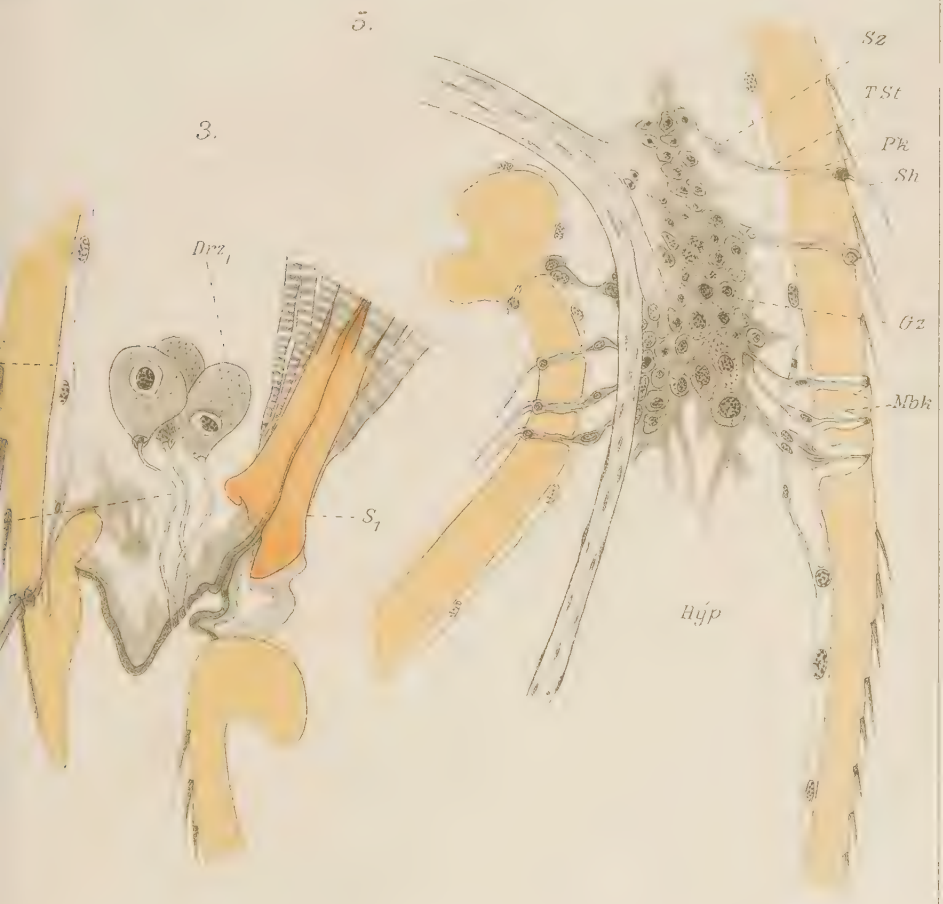
gestreckt. Das Tracheenligament *Trl*, welches die große und kleine Trachee *Tr*, *tr* verbindet, ist auf diesem Stadium schon sehr dünn geworden.
Zeiss Ok. 2, Obj. C. Schnitt 20 μ.

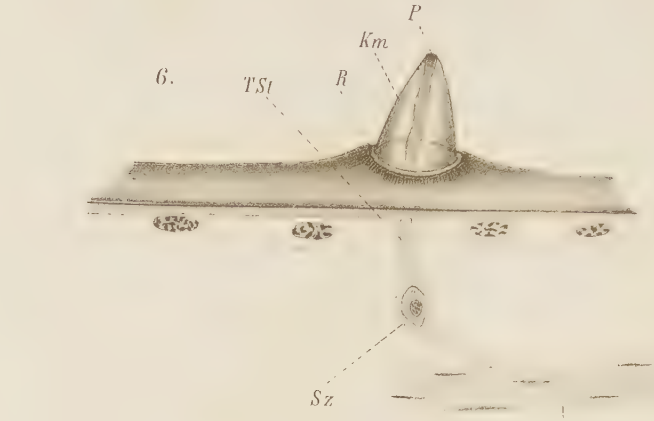
Fig. 16. *Apis mellifica*. Hypodermis *Hyp* mit einwuchernden, zu akzessorischen Zellen werdenden Zellen; diese wandern auf dem Plasmastrang *Pst* zum Chordotonalorgan. 2 Längsschnitte durch die Tibia kombiniert. 13. Tag der Entwicklung.
Zeiss Ok. 4, Obj. E.

Fig. 17. *Apis mellifica*. Längsschnitt durch die Tibia am 13. Tage der Entwicklung. Aus der Hypodermis *Hyp* wandern Kerne auf dem Plasmastrang *Pst* zum Organ, wo sie sich zu akzessorischen Zellen umbilden.
Zeiss Ok. 4, Obj. E. Schnitt 10 μ.

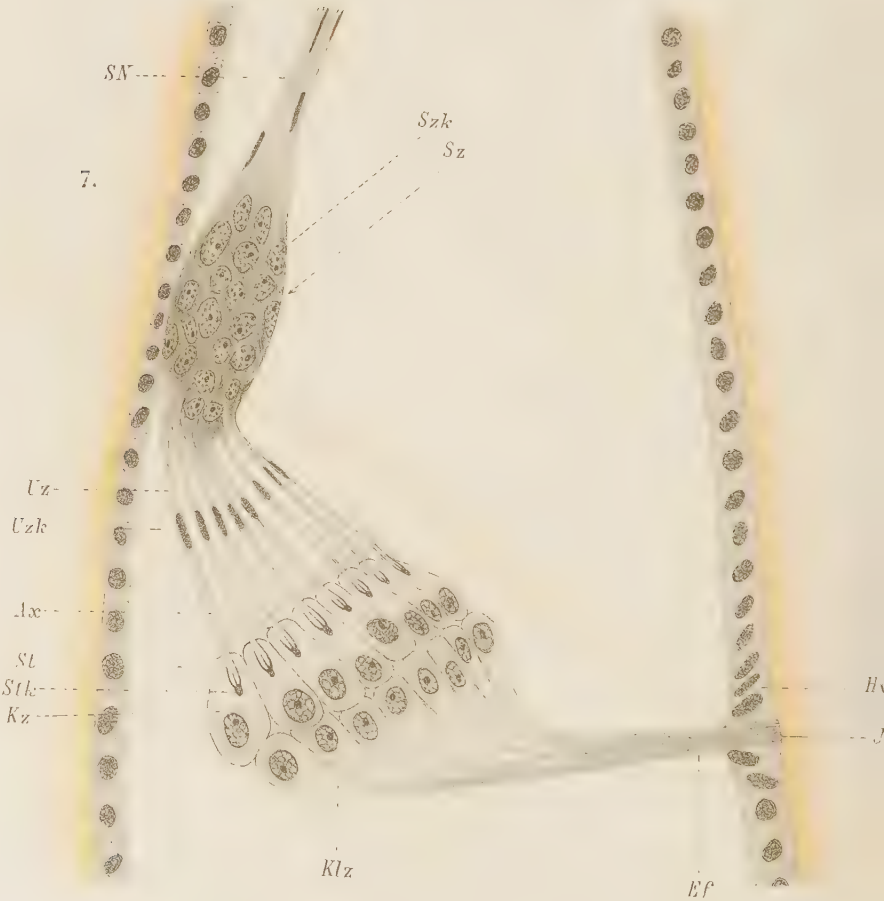
1.
Sh
Gz
Sh
SO
Ef
Tr
Bk
Mk


2.
SO
Trbl
Trc
Tra
Str


3.
Drz1
S1
Sz
TSt
Pk
Sh
Gz
Mbk
Hyp



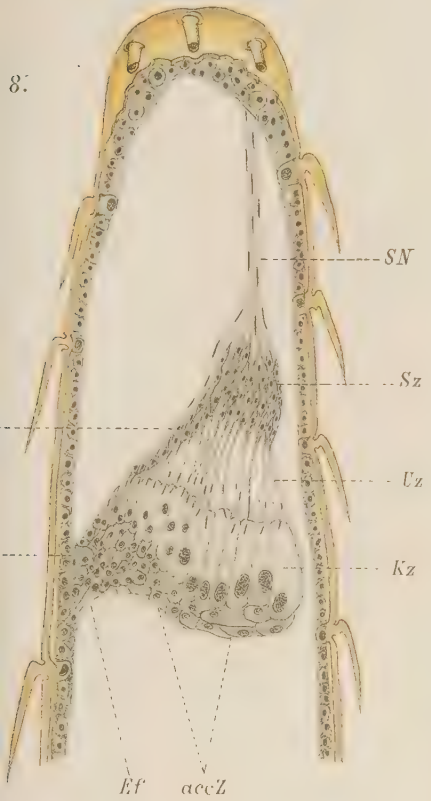
SN



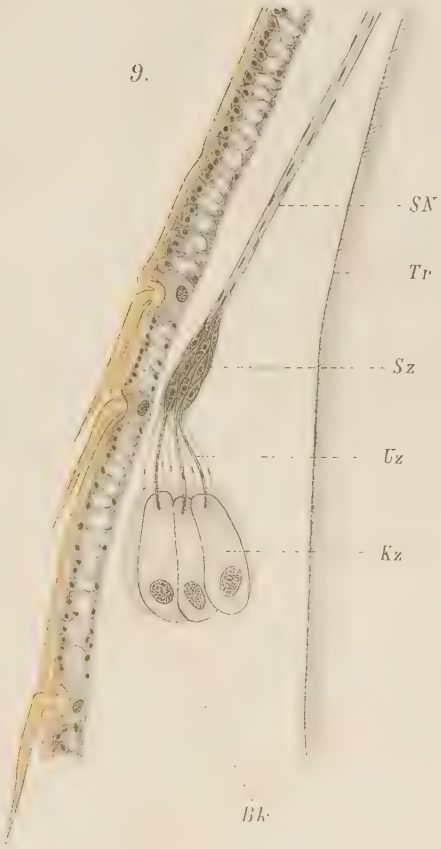
Schon gez

Verlag vo

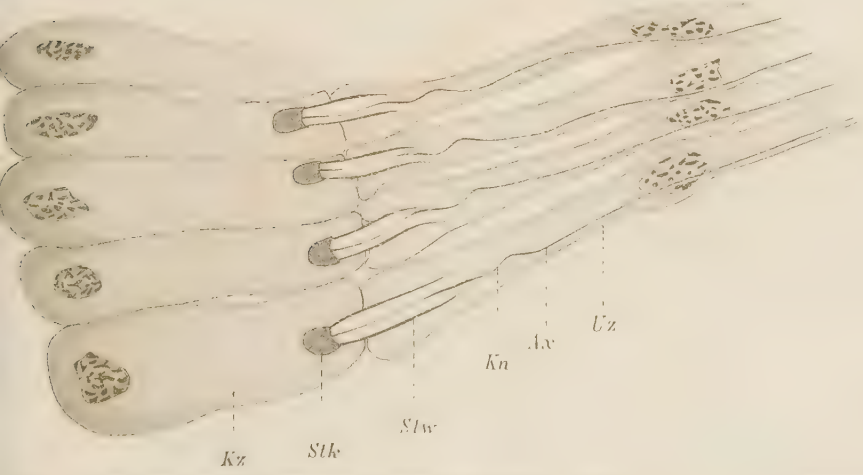
8.



9.



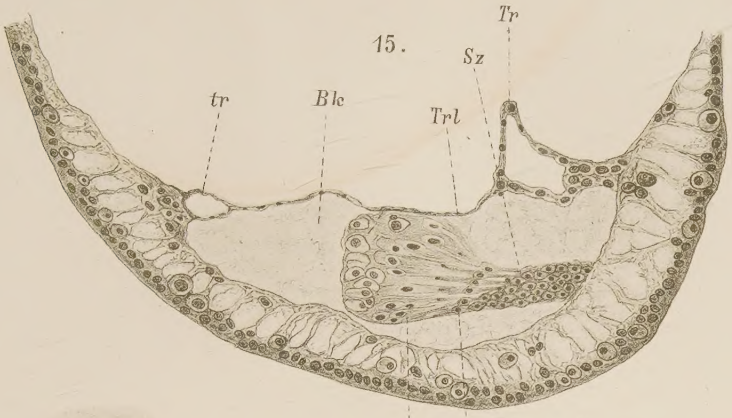
10.



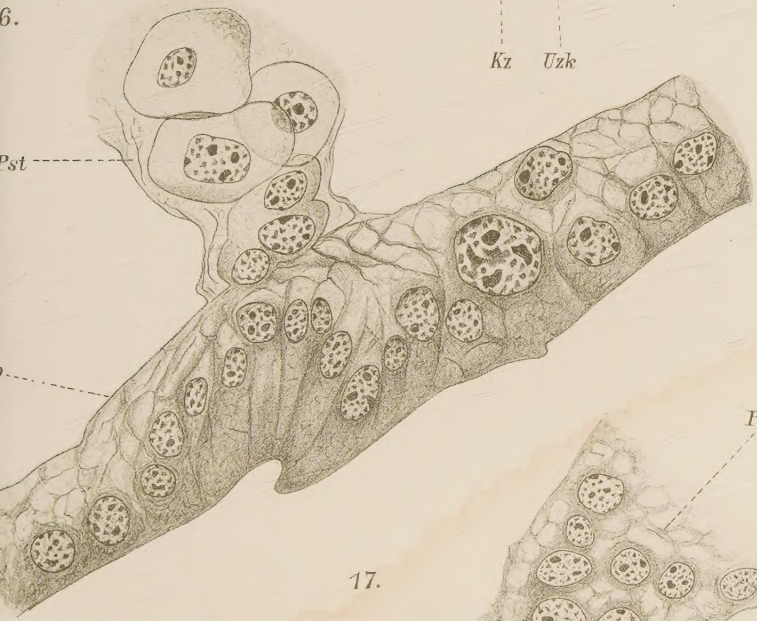
Lith Anst v E A Funke Leipzig

11.
Sz
Uz
Ax
Sth
Kz
12.
Nz
Hyp
13.
Hyp
Anl
14.
Sz R
Hyp
Uz
Uz
Kz

15.



6.



17.

Lith Anst v E.A.Funke Leipzig

Lippert & Co. (G. Pätz'sche Buchdr.) G. m. b. H., Naumburg a. S.